

Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek

Voorstelling van de activiteiten in 2003



ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur
administratie Waterwegen en Zeewezen



Studie van de bevaarbaarheid van het zeevak van de Congostroom

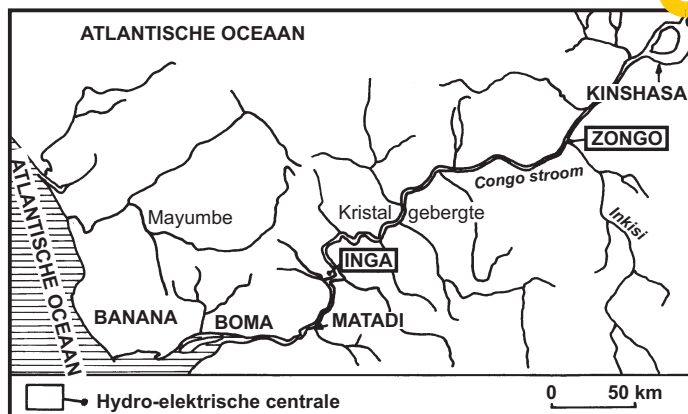
door **Armand Peeters**, gewezen technisch adjunct-adviseur - hoofd van dienst in het Waterbouwkundig Laboratorium en sinds de aanvang betrokken bij de studie.

1. Inleiding

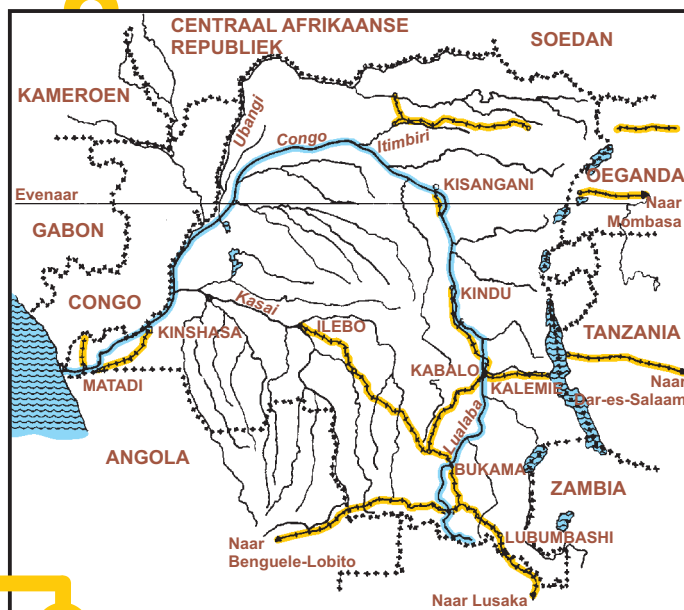
De Democratische Republiek Congo beschikt over een aantal internationale verbindingen. De belangrijkste zijn de spoorwegverbindingen: Lobito (Angola) - Lubumbashi (Benguela lijn 2000km lang); Beira (Mozambique) - Lubumbashi (1800km lang); Port Elisabeth (Zuid-Afrika) - Lubumbashi (3500km lang) en Dar-es-Salam (Tanzanië) - Kigoma/Kalemie aan de boorden van het Tanganika meer (2700km lang).

De grootste internationale transportlijn en de meest interessante ligt evenwel volledig op Congolees grondgebied, 'La Voie Nationale' genaamd. Het gebruik hiervan schakelt transportkosten in vreemde valuta uit. De zeescheepvaart bereikt via het zeevak achtereen volgens de havens van Boma en Matadi. Van daaruit moet het transport verder langs het spoor of de weg naar Kinshasa, waarna gemengde verbindingen water-spoor of wegverbindingen over een groot deel van het land mogelijk zijn.

Beneden Congo



Het maritieme gedeelte van de rivier wordt afwaarts Boma gekenmerkt door een zogenaamde 'wilde zone'. De stromingen verspreiden zich over talrijke geulen en het gebied is sterk onderhevig aan erosies en aanzandingen. Hierdoor hebben snelle natuurlijke evoluties in de morfologie plaats. In dit gebied moet dan ook regelmatig gebaggerd worden en dient de bebakening te worden aangepast aan de evolutie van de drempels en van het tracé van de vaargeul. De politieke gebeurtenissen van 1960 evenals opeenvolgende extreem hoge waterstanden - de hoogst bekende ooit - waren toen oorzaak van een geleidelijke rampzalige vermindering van de diepgang voor de scheepvaart.



Waterwegen en spoorwegen in de Democratische Republiek Congo

In 1966 werd door Congo dan ook beroep gedaan op de Belgische Ontwikkelingssamenwerking en Technische bijstand. Aan het Waterbouwkundig Laboratorium werd door de dienst "Algemeen Bestuur Van Ontwikkelingssamenwerking" (ABOS) opdracht gegeven om de bevaarbaarheid van de 'wilde zone' van het zeevak van de Congostroom te bestuderen.

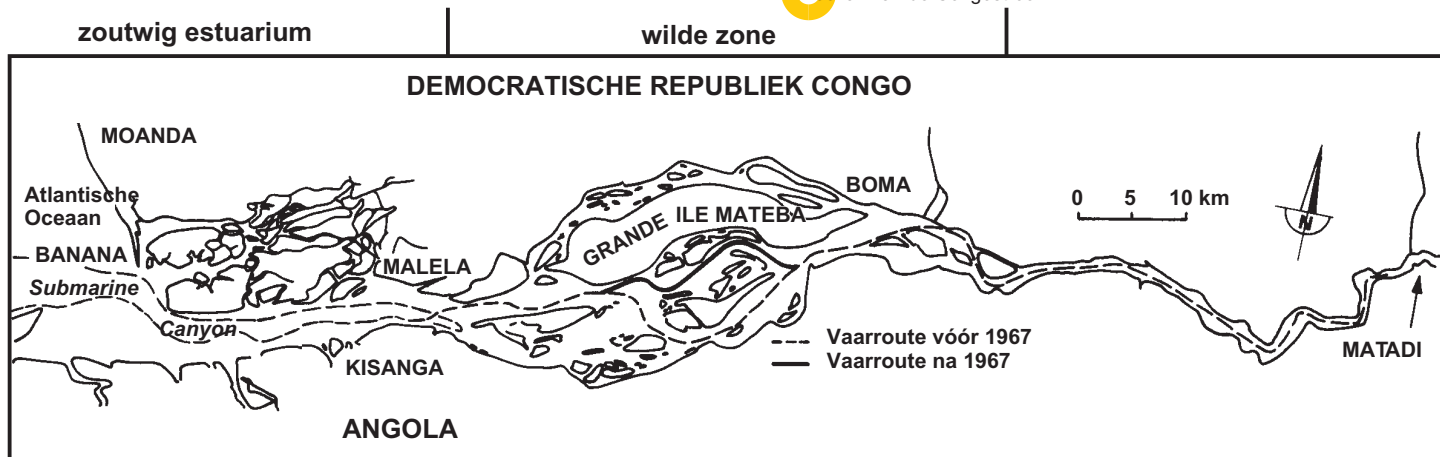
Tijdens het Mobutu regime werd de naam Congo voor land en stroom herdoopt in Zaïre.

2. Programma

Het initieel programma van deze studie werd vastgelegd tijdens een zending naar Boma in 1967 van de heren A. Sterling, C. Rombouts en J. Charlier. Het voorzag in een modelstudie in het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout en het verzamelen van beschikbare documenten en meetresultaten, zowel in België als in Congo, nodig voor het uitvoeren van de modelstudies.

Verder diende de infrastructuur nodig voor peilingen en metingen in de 'wilde zone' (limnigrafen, signalen, merktekens, topografisch netwerk) gerestaureerd. Het ganse gebied diende tevens terug te worden gepeild en in kaart gebracht. Een grondige studie van de bevaarbaarheid werd voorzien. Ook werd voorzien in de opleiding van Congolese technici ten behoeve van de hydrografische diensten van het gebied.

Zeevak van de Congostroom



3. De Régie des Voies Maritimes en de beschikbare mid-delen

Het zeevak van de Congostroom wordt beheerd door de Congolese 'Régie des Voies Maritimes' (RVM). Haar voornaamste taak is het openhouden van de vaargeul voor de zee-scheepvaart met een zo hoog mogelijke diepgang. Daarvoor dient zij regelmatig en in het bijzonder in de 'wilde zone' metingen en studies, aangepaste baggerwerken en bebakening uit te voeren. Het normaal beschikbare en nodige materieel zoals meetschepen, meetapparatuur, baggerschepen en boeien was niet altijd operationeel of beschikbaar waardoor in bepaalde periodes beroep moest gedaan worden op buitenlandse hulp. Zo diende in 1966 de zuidelijke vaargeul nabij Angola te worden verlaten en een nieuwe vaargeul in de noordelijke Matebapassen te worden uitgediept. In 1967 werden daartoe enorme baggerwerken uitgevoerd door een Amerikaanse cutterzuiger. Sindsdien gebruikt de scheepvaart deze noordelijke passen. Meetappa-ratuur werd met kredieten van het ABOS door het Waterbouwkundig Laboratorium aangekocht, nl. limni-grafen, nivelleerapparaten, theodolieten, snelheidsmeters, Delftse flessen, verrekijkers. Een sedimentologisch labora-torium werd later door de hydrografische zendingen in de lokalen van de hydrografische dienst van de RVM geïnstalleerd.

De RVM beschikte vóór de jaren 1970 over enkele bagger-tuigen van beperkte capaciteit. Eén ervan, de 'Mwene-Ditu' met een capaciteit van 850m³ en steekbuis werd pas in 1989 uit dienst genomen. Twee nieuwe zelfdragende bag-germolens: de 'Mayumbe' en de 'Banana' met een capaciteit ieder van 1300m³ en voorzien van steek- en sleepbuizen werden op kosten van het Europees Ontwikkelingsfonds gebouwd in België en in dienst genomen in 1971. Twee nieuwe zelfdragende baggermolens, de 'Tshuapa' en de 'Kasaï' werden door IHC-Holland gebouwd en respectieve-lijk in dienst genomen in 1976 en 1978. Beiden hadden een capaciteit van 1500m³. De Tshuapa was voorzien van een sleepbuis, de Kasaï van sleep- en steekbuis.



4. Studies uitgevoerd door het Waterbouwkundig Labo-ratorium

Modelstudies

Zoals voorgesteld in het programma door de zending van 1967, werd in 1968 in het Waterbouwkundig Laboratorium een schaalmodel gebouwd van de noordelijke passen van de 'wilde zone'. De gebruikte schalen waren 1/500 horizontaal en 1/100 vertikaal.

Na de ijkung van het model, d.i. het in overeenstemming brengen van stromingen en waterhoogtes in het model met deze waargenomen in de natuur, werd vooreerst het sedi-menttransport langs de bodem bij bepaalde debieten onder-zocht. Daarna werd ten behoeve van de baggerwerken de geschiktheid van 16 mogelijke stortplaatsen van bagger-specie nagegaan. De proeven gebeurden met debieten die op schaal respectievelijk overeenstemden met rivierdebiet-en van 33.000m³/s; 41.000m³/s en 51.000m³/s en het ge-bruikte materiaal betrof bewerkte polystyreenkorrels.

Deze modelproeven gaven een duidelijk beeld van het sedi-menttransport-mechanisme over de onstabiele zandbodem



De Congostroom en zijn zeevak.

De Congostroom ontspringt in Shaba in het zuid-oosten van Congo onder de naam Lualaba. De stroom wordt gevoed door een belangrijk net van bijrivieren, waarvan de Kasaï en de Ubangi de belangrijkste zijn. De 'cen-trale kom', met een doormeter van ongeveer 2250 km vormt het overgrote gedeelte van dit bekken. De afvloei-ing naar de Atlantische Oceaan in het Westen start te Kinshasa via het Kristalgebergte.

Door de ligging van het hydrografisch bekken langs beide zijden van de evenaar is het regime in de beneden-loop gekenmerkt door twee periodes van hoge water-standen (mei - bepaald door het regime van de Noorde-lijke hemisfeer en december invloed Zuidelijke hemi-sfeer).

Tussen Kinshasa en Matadi is de stroom echter onbe-vaarbaar door de vele stroomversnellingen. In dit ge-bied bevindt zich de hydroëlectrische centrale Inga (modelstudie 183).

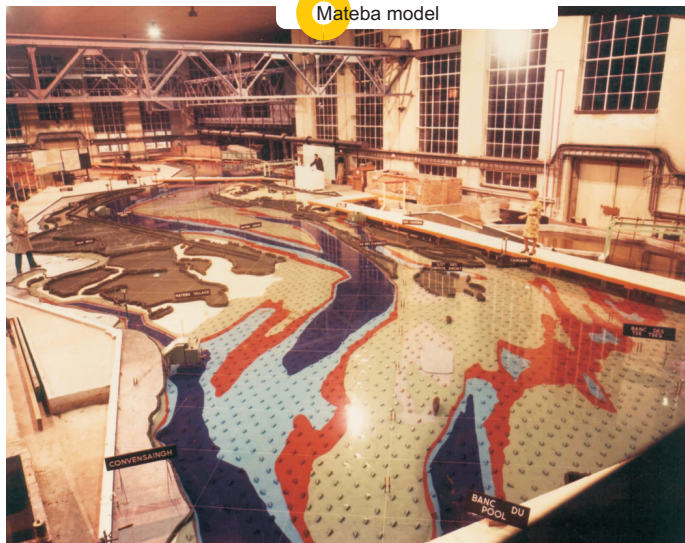
In Matadi begint dan het zeevak, dat kan opgedeeld worden in drie delen:

tussen Matadi en Boma stroomt de rivier in een smal rotsachtig gebied 56 km lang, uitloper van het Kristal-gebergte, met dieptes van 25 tot 30m. Het is goed beba-kend en stelt geen problemen voor de zeescheepvaart. In de haven van Matadi kunnen 9 zeeschepen tegelijk aanmeren, in de haven van Boma slechts 3. Langs de haven van Boma transiteert een groot deel van het transport voor de Mayumbe. Vanuit Matadi gaat het tran-sport verder naar de rest van het binnenland.

tussen Boma en Kisanga ligt de zogenaamde 'wilde zone', een breed, ondiep gedeelte - 55km lang- gelegen in een soort kustvlakte; doordat de stroom zich ver-breedt en verspreidt over verschillende geulen functio-neert dit gebied als bezinkingszone voor het meege-voerde zand. Immers de totale breedte gaat brutaal over van 1,8 km naar 19 km, de snelheid van het water neemt er af, het meegevoerde zand bezinkt gedeeltelijk, vormt en vervormt banken en geulen. Sterke aanzan-dingen en erosies hebben er plaats zodat natuurlijke evoluties in het zandbanken- en geulenpatroon zich snel opvolgen. De gemiddelde natuurlijke diepte be-draagt 5 a 6m. Om een aanvaardbare diepgang voor de zeescheepvaart te kunnen vrijwaren zijn baggerwerken op de drempels onafwendbaar. Met onderhoudsbagger-werken bedraagt de diepgang 25 à 26 voet. De streef-diepte van 30 voet is de laatste 35 jaar periode dat de zeescheepvaart de noordelijke passen volgt - ondanks intensieve baggerwerken en hydraulisch gunstige om-standigheden zelden bereikt.

tussen Kisanga en Banana, lang 32 km, stroomt het water door een zeer diepe zoutwater-canyon. Het zoet-water van de Congo stroom stroomt over het langs de monding indringende zeewater de Atlantische oceaan in. De dikte van deze laag zoetwater bedraagt 3 à 6 m afhankelijk van het debiet.

van dit gebied in het algemeen. De zandtransportbanen en de plaatsen waar sedimentneerzettingen plaats hadden konden worden vastgelegd. Zij gaven tevens uitsluitsel over de keuze van de stortplaatsen, zowel qua rendement als qua invloed op de vaargeul. Verschillen in stroomrichting aan de oppervlakte en aan de bodem werden opgemerkt. Heli-coïdale beweging liggen hiervan aan de basis. Initieel werden de proeven uitgevoerd op model met vaste bodem.



Daarna werd de vaste bodem vervangen door een bodem in beweegbaar materiaal. Voor de keuze van het bodemmateriaal werd op een experimenteel kanaal voorafgaandelijk onderzoek uitgevoerd naar begin van beweging, ruwheid, ribbel- en duinvorming en beweeglijkheid van polystyreen, gemalen bakeliet en parelmoerkorrels. Een onderlaag in bewerkt polystyreen met daarbovenop gemalen bakeliet was de finale keuze. Tot op zekere hoogte kon men op dit model toekomstige evoluties evalueren.

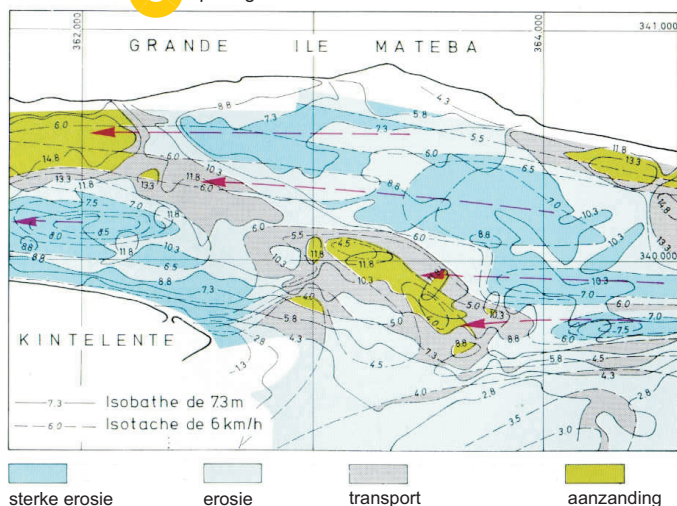
In een latere fase werd de invloed onderzocht van een aantal harde punten zoals rots en klei in de bodem (o.a. de rots Mandefu) op de debietsverdeling tussen zuidelijke en noordelijke passen evenals hun invloed op de beweging der zandbanken in de noordelijke passen. Ook werd nagegaan hoe deze verdeling gunstig kon beïnvloed worden door de aanleg van kunstwerken (dijken, panelen e.d.).

Ook werd de meest gunstige baggerwijze op een drempel bestudeerd (tijdstip, plaats, aanvang, baggerrichting, e.d.). Tijdens hydrografische zendingen (zie verder) werden de resultaten van de stortproeven op het model gecontroleerd op het terrein en gunstig geëvalueerd zodat bij de latere baggerwerken rekening werd gehouden met de aanbevolen stortplaatsen.

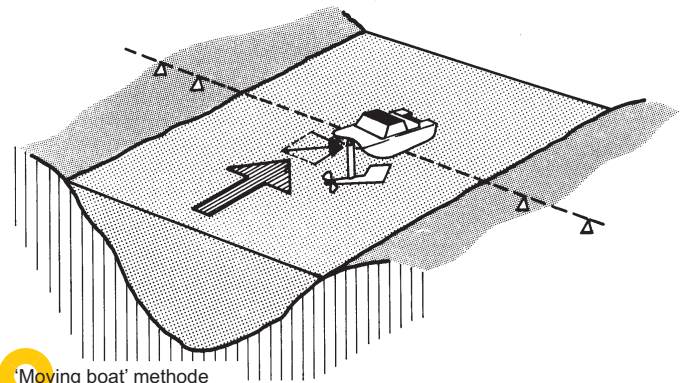
Verder onderzoek

Voor de uiterst snelle evoluties in de bodemmorfologie van de 'wilde zone' werd in een volgende fase de methode genaamd 'voorspelling van evoluties' uitgediept. Deze methode

Voorspelling van evoluties



de is voor het eerst voorgesteld door E.J. Devroey in 1957. Zij werd verder ontwikkeld door A. Khokhloff en onder zijn impuls onderzocht en op punt gesteld op het WLB door ir J.J. Peters. Zij bestaat erin voor bepaalde zones en op korte termijn erosie en aanzanding te voorspellen door interpretatie van enerzijds allerlei recente terreingegevens zoals bathymetrische kaarten, oppervlaktelnelheden en debietsverdelingen, waterdiepten en -hellingen, bodemvormen op echogrammen en bewegingen van meanders, en anderzijds gegevens ontleend aan modelstudies. Het meetprogramma van de RVM werd aangepast om de methode een regelmatige toepassing te geven. De toepassing van de methode op de nieuwe vaarpas 'Mateba Village', geopend in 1986 heeft zijn doeltreffendheid bewezen.



Tegelijkertijd met het ontwikkelen van voornoemde methode werd ook de 'moving boat' methode uitgetest. Deze methode bestaat erin debieten te meten in de verschillende geulen van de rivier door in een meetraai heen en weer te varen. De parameters gemeten op vaste tijdsintervallen: de gemiddelde snelheid van het water, de waterdiepte en de hoek van het meetschip met de raai, laten toe het debiet in de raai te berekenen. Aldus kan op korte termijn (3 à 4 dagen) de debietsverdeling in een groot gebied gemeten worden. Met de klassieke meetmethode (vaste meetpunten verdeeld over een raai) vergde dit meer dan het dubbele van de tijd. Voor de ontwikkeling en toepassing van deze methode werd met kredieten van het ABOS een catamaran (de Laboma) van 9m lengte aangeschaft en door het WLB ingericht met de nodige meetapparatuur en verzonden naar Boma.

Opleiding

Uiteindelijk werden door het Waterbouwkundig Laboratorium Congolese technici bijkomend opgeleid in de verschillende hydrografische technieken (topografie, hydrografie, limnimetrie, debietsmetingen, sedimentologie) alsook in de

Nog enkele cijfergegevens over deze machtige stroom.

De Congostroom is met zijn lengte van 4392km de vierde langste stroom ter wereld. 2844km hiervan is bevaarbaar.

Met een waterafvoerdebiet van ca $1.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ per jaar is hij de tweede grootste stroom ter wereld (na de Amazone). Uiterste waarnemingen van het debiet zijn $23.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (augustus 1973) en $80.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (december 1961). Het jaarlijkse gemiddeld debiet situeert zich rond $42.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

In het zeevak is er tij-inval, d.w.z. het waterpeil varieert met het (dubbeldaags) getij, maar door het grote debiet vanuit het binnenland keert de stroomrichting NIET om zoals bv. in de Schelde het geval is. In Banana is de tijhoogte gemiddeld 1,40m bij springtij en 0,70m bij doortij. Het getij plant zich voort langs de rivier tot in Boma waar het tijverschil nog 0,08m bij springtij en 0,03m bij doortij bedraagt. In Boma is de vertraging van het getij t.o.v. Banana bij H.W. 3h50; bij L.W. 4h35.



Meetboot Laboma

interpretatie van de terreinmetingen en het toepassen van de 'voorspelling der evoluties'. Deze opleiding vond plaats tijdens zendingen in Congo of tijdens stages in België.

Hydrografische zendingen

Vanaf 1969 werden twee maal per jaar zendingen georganiseerd, nl. tijdens periodes met lage (juli-augustus) en hoge waterstanden (november-december). De keuze van de deelnemers geschiedde in functie van het opgestelde programma. Een aantal huidige en gewezen medewerkers van het labo en DIHO, aangevuld met externe experts vertrokken zo voor zendingen van een viertal weken naar Afrika. Tijdens deze zendingen werd tevens technische bijstand verleend aan de RVM teneinde een aanneembare diepgang voor de scheepvaart te verzekeren. Dit gebeurde onder meer door de organisatie van specifieke metingen, het plannen van routinemetingen, de evaluatie en aanpassing van meetnetten en het geven van raad en opleiding om het rendement van de baggerwerken te verhogen. De intrede van de informatica in de RVM was van die aard om ook in dit domein onze technologische ervaring over te dragen aan de Congolese technici. Tot slot heeft het labo een zeekaart opgemaakt van het gebied Boma-Malela ten behoeve van de scheepvaart.

Opstellen van gegevensbanken sinds begin van de eeuw

Gegevensbanken werden opgesteld en systematisch bijgehouden. Zij geven een bijkomende en overzichtelijke schat aan informatie. Zo werden alle beschikbare gegevens verzameld en verwerkt tot afzonderlijke monografieën over: waterstanden te Kinshasa, Matadi en Boma; waterdebieten en zandtransporten in het zeevak van de Congostroom; granulometrie van sedimenten in de 'wilde zone'; de uitbouw van het topografisch net en het getij in het zeevak.

Rapportering

Dit alles werd vastgelegd in verschillende rapporten genummerd van 'Mateba 1' tot 'Mateba 33'. Zij kunnen opgesplitst worden in rapporten die de evoluties en activiteiten van een bepaalde periode beschrijven en in monografieën (zie hoger). Ook de zendingen werden gedetailleerd gerapporteerd.

Al dit materiaal vormde de basis voor publikaties in internationale vakbladen en voor afstudeerwerken aan diverse universiteiten.

5. Nabeschoouwingen

Het enorme werk dat verzet werd ten behoeve van de studie, zowel in België als in Congo, was teamwerk. Aan de studie hebben ingenieurs, technici, tekenaars, modelbeproevers, dactylo's, en ambachtslui zoals drukkers, fotografen, schrijnwerkers, metsers, elektrikers en metaalbewerkers meegewerkt. Het heeft geleid tot het verzamelen van zeer veel informatie over het zeevak. De ervaringen opgedaan door de technici tijdens de hydrografische zendingen waren veelvuldig en betroffen zowel algemene kennis over het zeevak als op gebied van terreinmetingen. Veel begrip en geduld hebben meegewerkt aan een goede verstandhouding en samenwerking met de Congolese technici en qua plantrekkerij waren de zendingen een goede leerschool. De omstandigheden waarin moest gewerkt waren soms belabberd. Nochtans werden resultaten

geboekt tot ieders tevredenheid.

Het WLB heeft anderzijds veel bijgedragen aan de opleiding van jonge ingenieurs en technici die grote verantwoordelijkheid kregen in de RVM.

In dit dossier gaat een bijzondere waardering uit naar ir. A. Sterling onder wiens impuls de studie werd opgestart en die zijn enthousiasme heeft weten over te dragen. Ook gaat onze waardering naar ir. J.J. Peters die de stuwende kracht was en een grote uitstraling heeft gegeven aan de studie. Na zijn aanstelling in 1978 als directeur van het Laboratoire de Recherches Hydrauliques in Châtelet werd de studie door de beide labo's verdergezet. Van dat ogenblik af werden de werkzaamheden in Borgerhout door mij gecoördineerd. Verder waren de raadgevingen van ir. I. Coen en de modelstudies die onder zijn leiding uitgevoerd werden van uitzonderlijk belang. De proeven zelf werden uitgevoerd door de ingenieurs Van Wassenhove en Van Meeuwen en hun medewerkers. Het uitwerken van de vele meetgegevens en het beheer van de gegevensbanken gebeurde onder leiding van Freddy Cumps. Ook ing. Tony Mortier en ir. Paul De Laet werden een tijdlang ingeschakeld. Eind 1981 kwam Aimé Van Hoeylandt het team versterken en vanaf 1985 werd ook ir. Freddy Wens ingeschakeld in de studie.

De studie, gefinancierd door het Algemeen Bestuur van de Ontwikkelingssamenwerking werd zoals alle andere ontwikkelingsprojecten in Zaïre (Congo) in 1990 bij beslissing van de regering opgeschort.

Veel recente gegevens over de bevaarbaarheid van het zeevak en de werking van de hydrografische diensten van de RVM zijn niet bekend. Wel is vernomen dat er nog slechts twee baggerschepen operationeel zijn en dat de diepgang 22voet bedroeg in december 2002.

Historische ontwikkeling Congobekken.

In het Midden-Tertiair was de eerste schiervlakte voltooid waaraan de randplateaus hun vlakke vorm danken. Een late inzinking bracht de centrale kom en een soort binnenmeer tot stand, terwijl het bekken van het centraal Massief in horsten (opgeperste randen) en slenken (brede kloven) grote reliëfverschillen teweegbrachten in het Oosten en Zuidoosten. Juist in deze opgestuwde delen is de erosie actief gebleven en zijn rivieren ingesneden. De rivieren in de centrale kom daarentegen zijn breed met dikwijls uitgestrekte moerassige alluviale vlakten. Het kustgebied niet meegerekend kan men de reliëfgebieden onderverdelen in:

1. De centrale depressie gem. 400 m hoog beslaat het grootste deel van Congo. Ze bevat overblijfselen van verschillende grote meren;
2. De randplateaus, die bijna overal de centrale depressie omringen, in het Westen het Kristalgebergte dat door erosie is afgevlakt tot een gemiddelde hoogte van 700-800m; in het zuiden gaat het reliëf gelijkelijk over naar het Plateau van Loanda in Angola (d.i. de waterafscheiding tussen de Congostroom en de Zambezi);
3. Het slenkgebied van het Oosten, dat contrasteert met het monotone karakter van de centrale depressie.

Afwatering. Tussen het Kristalgebergte en de oceaan heeft zich een kustvlakte gevormd waar sedimenten werden afgezet. Vanaf dit gebergte stroomden enkele riviertjes in oostelijke richting naar het binnenmeer en enkele westelijk, richting kustvlakte en oceaan. Het samenkomen van brongebieden van de rivieren met tegengestelde stroomrichting heeft een deel van het binnenmeer doen afvloeien in westelijke richting. De grote eroderende kracht van grote hoeveelheden water vol slib, zand, leem, e.d. doorheen prekambische gesteenten met vorming van steile oevers heeft uiteindelijk de kustvlakte bereikt. Er ontstond een diepe geul die de Congo canyon styleerde. De toen gevormde loop is in grote trekken bewaard gebleven.